

D - R - 80 - 01

J.-M. LE GUILCHER

CHIEF MÉCANICIEN DE LA MARINE DE COMMERCE

TRAITÉ PRATIQUE

DUS

CHAUDIÈRES & MACHINES

DE LA

MARINE DE COMMERCE

DESCRIPTION, RÉGULATION, MONTAGE, AVARIES, RÉPARATIONS, CONDUITE

Ouvrage dressé conformément aux programmes
pour l'obtention des brevets d'officiers mécaniciens

TROISIÈME ÉDITION

Considérablement augmentée

PARIS

SOCIÉTÉ D'ÉDITIONS

GÉOGRAPHIQUES, MARITIMES ET COLONIALES

ANCIENNE MAISON CHALLAMEL, FONDÉE EN 1839

17, RUE JACOB (1^{re})

1923

PREMIERE PARTIE

DESCRIPTION

CHAPITRE PREMIER

CHAUDIÈRES TUBULAIRES

Classification des chaudières marines. — Les chaudières peuvent être divisées en deux grandes classes :

1° Les chaudières à tubes de fumée, ou *tabulaires*. Ces chaudières sont à flamme directe ou à flamme en retour, selon que le faisceau tubulaire est dans le prolongement du foyer ou au-dessus. Ces chaudières sont généralement cylindriques.

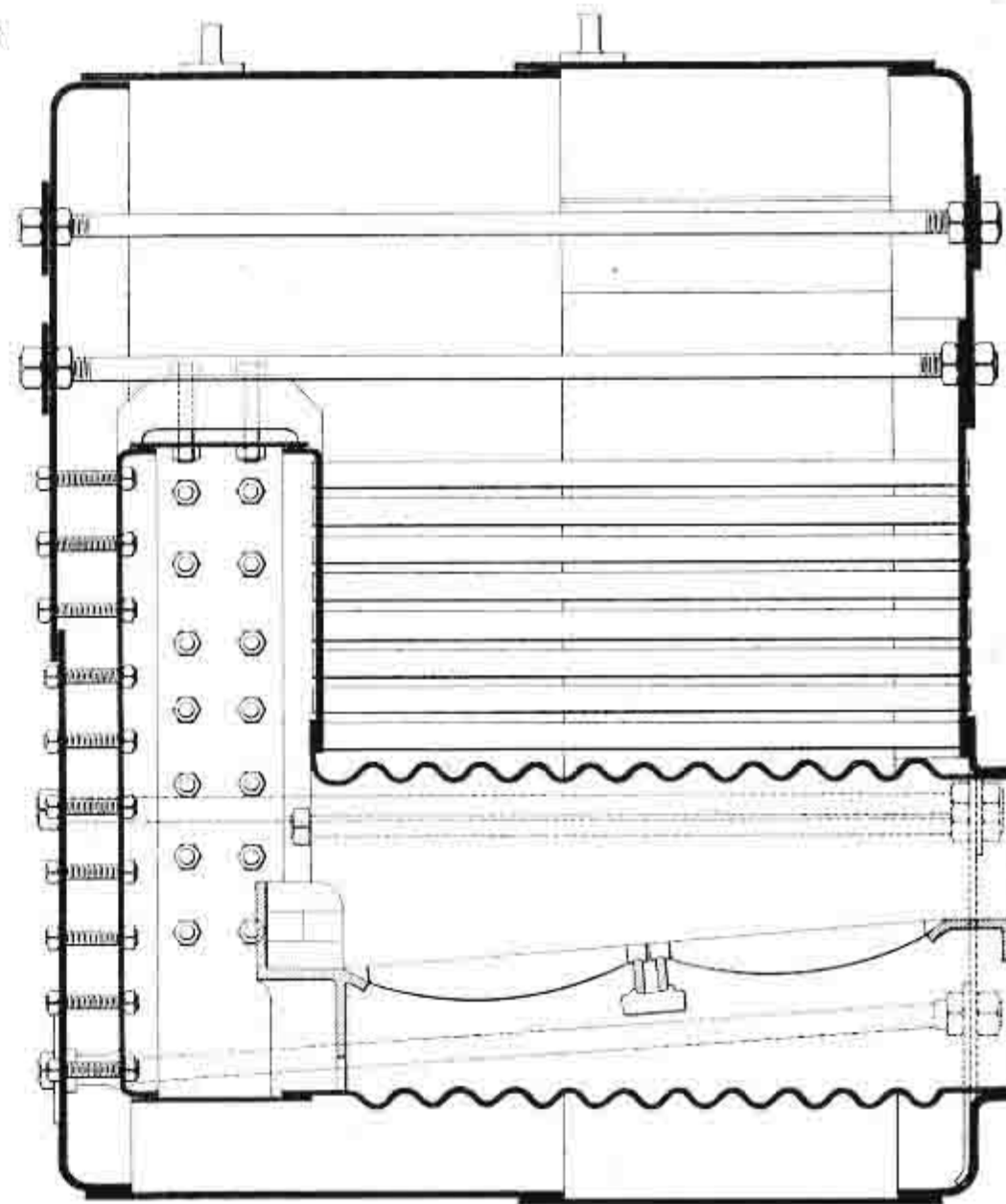
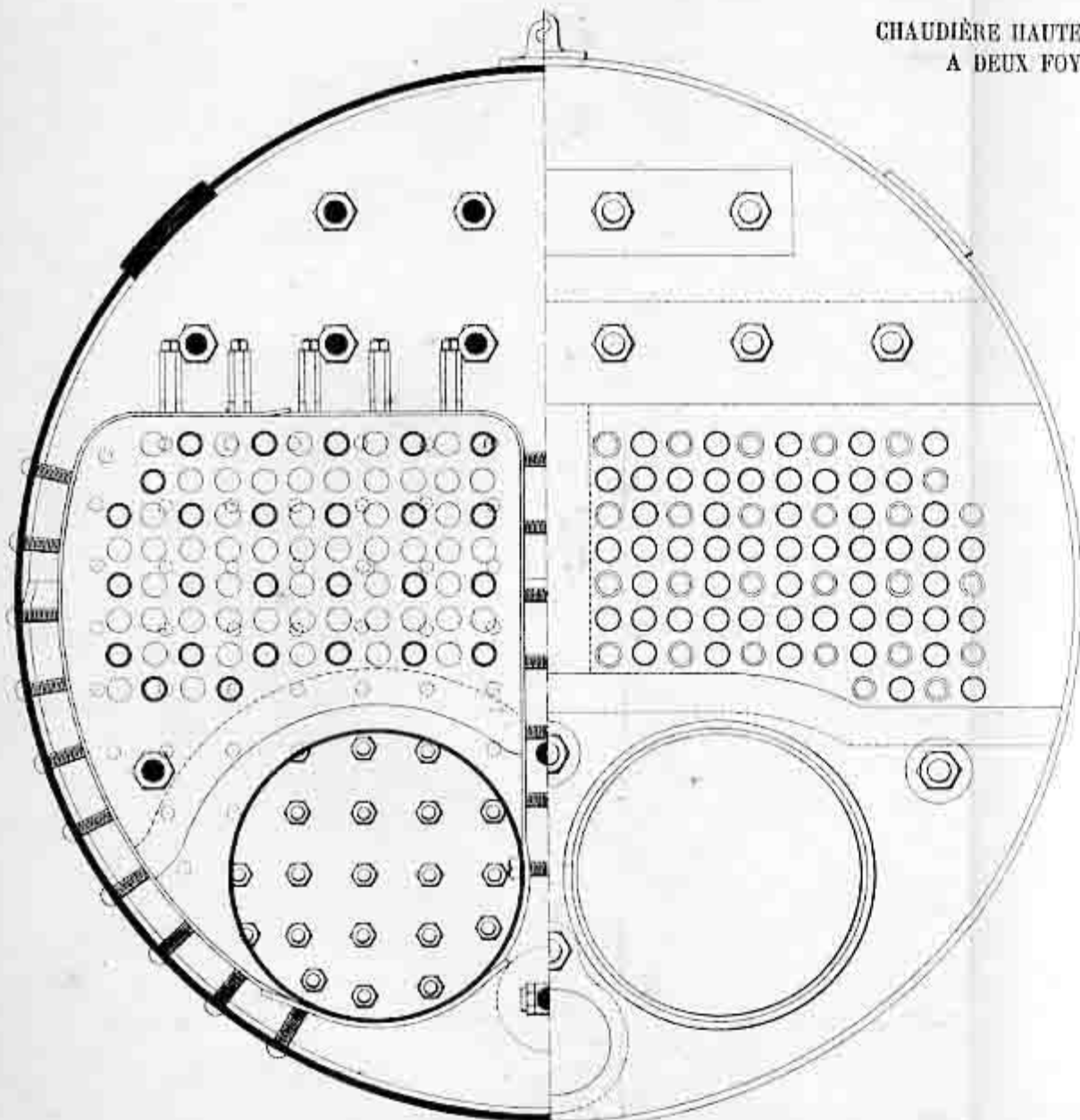
2° Les chaudières à tubes d'eau *aquatubulaires* ou *tubuleuses*.

Chaudière cylindrique à haute pression.

L'enveloppe extérieure comprend une partie cylindrique ou enveloppe proprement dite, plus une façade et un fond.

La partie cylindrique est formée de deux ou trois viroles, lesquelles sont jointes au moyen de couvre-joints intérieurs et extérieurs, dans le sens longitudinal. Ces viroles sont en fer ou en

CHAUDIÈRE HAUTE PRESSION
A DEUX FOYERS



Timbre	11 ^k 250
Surface de chauffe tubulaire	68 ^{m²} 1978
» » directe	16 ^{m²} 4347
» totale	84 ^{m²} 6225
Surface de grille	3 ^{m²} 0657

Volume d'eau à 15% au-dessus de la boîte à feu	8 ^{m³} 558
Volume de vapeur	4 ^{m³} 212
» total	12 ^{m³} 770
Poids de la chaudière sans habillage	46764 kgr.
» » avec habillage	49025 kgr.

acier constituant un cylindre à base droite. Ce cylindre est fermé à l'arrière par un fond en tôle, en une ou deux pièces, et porte une pince, relevée à ses dépens, soit du côté intérieur, soit du côté extérieur. Dans le premier cas, le matage intérieur présente plus d'étanchéité, et, dans le second cas, le rivetage à l'hydraulique est rendu plus facile. Ce même cylindre est fermé à l'avant par une façade qui comporte la plaque à tubes et l'emplacement des foyers.

La façade avant comporte donc, et aux dépens de la tôle, autant de pinces rabattues que de foyers .et ce, intérieurement ou extérieurement,, pour le rivetage de ces derniers ; elle comporte également une pince circulaire pour se jonctionner avec l'enveloppe.

Dans la chaudière on considère :

1° Les foyers, au nombre de n , deux, trois et quatre;

2° Les boîtes à feu ;

3° Les faisceaux de tubes, en nombre égal à celui des foyers.

Dans les chaudières à double façade se chauffant par les deux bouts, chaque foyer a sa boîte à feu isolée; ces boîtes à feu sont alors séparées par une lame d'eau ; quelquefois la lame d'eau est supprimée, et les boîtes communiquent entre elles.

Sur l'arrière, du côté de la-boîte à feu, les tôles du foyer et de la plaque à tubes se réunissent par une pince relevée aux dépens de la tôle du foyer, et la pince est jonctionnée extérieurement à la plaque de tête.

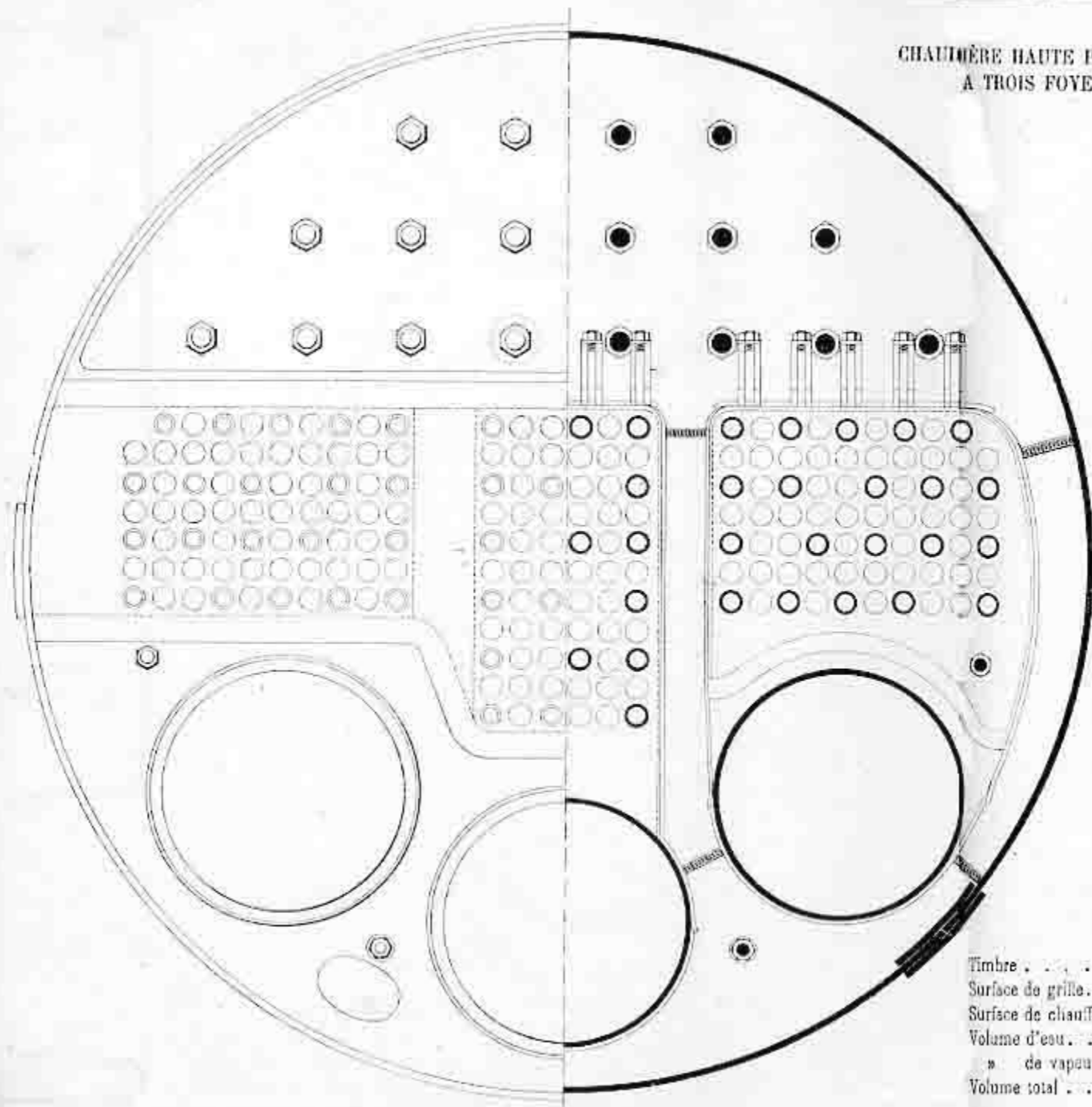
Les faces planes sont consolidées au moyen de tirants, comprenant la tôle du fond et de la façade entre deux rondelles et deux écrous.

La boîte à feu est formée de tôles planes dont le ciel est consolidé par des armatures en forme d'étriers ou griffes, qui sont fixées au moyen de rondelles et boulons.

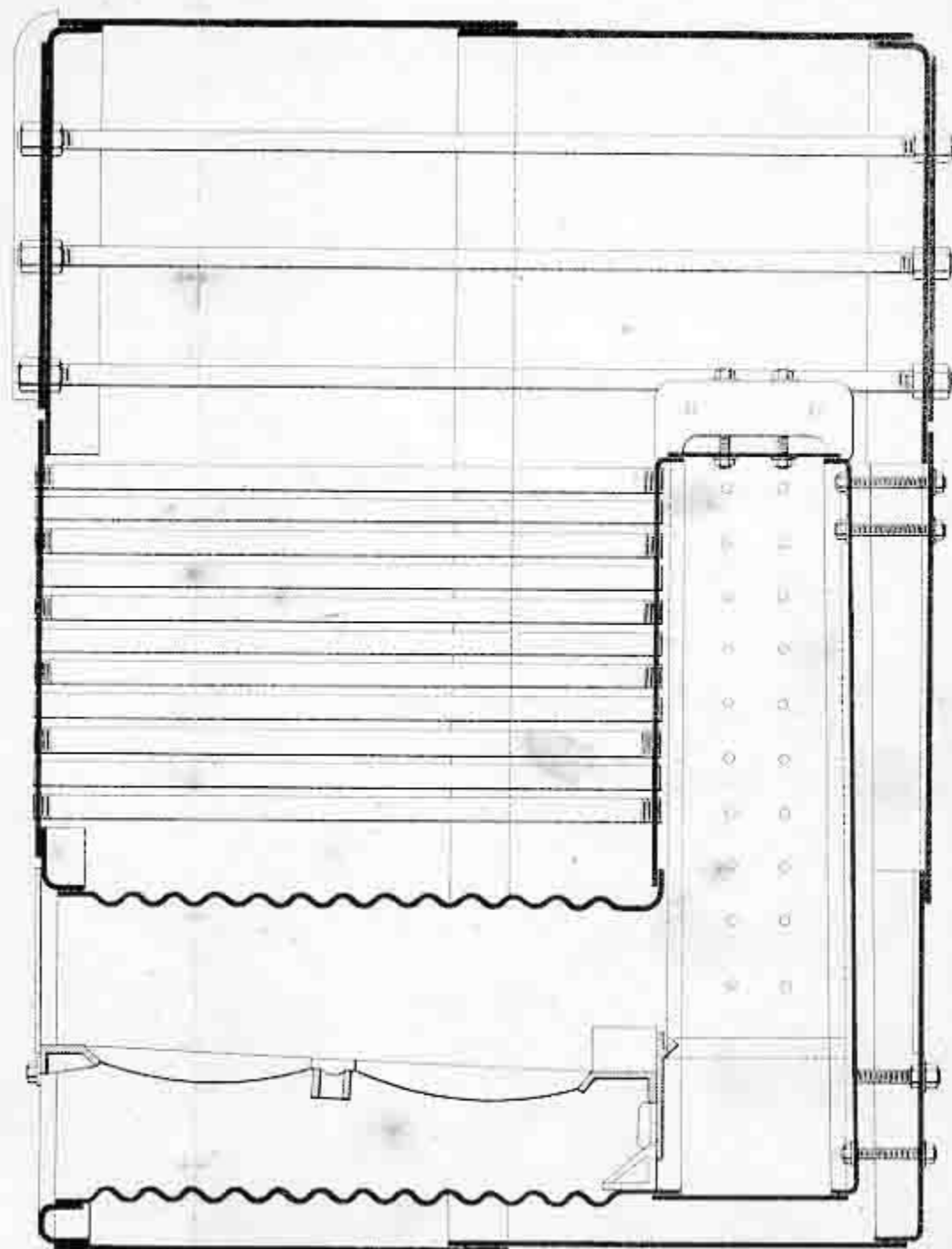
Les tubes sont installés de manière à comprendre un tube tirant tous les trois ou quatre tubes ordinaires, selon la pression de régime.

Enfin, dans toutes les lames d'eau sont disposées de nombreuses

CHAUDIÈRE HAUTE PRESSION
A TROIS FOYERS



Timbre	41*250
Surface de grille . . .	5m ² 57
Surface de chauffe . . .	157m ² 80
Volume d'eau	22m ³ 570
» de vapeur	11m ³ 080
Volume total	33m ³ 650



entretoises filetées et serrées extérieurement à la tôle au moyen d'écrous et de rondelles faisant joints.

Dans le foyer se trouvent deux ou trois rangs de grilles légèrement inclinées sur l'arrière pour faciliter le service des feux.

Les portes des foyers sont percées de trous et munies de contre-portes intérieures pour les préserver contre le rayonnement de la "chaleur.

Les cendriers ont également des portes dont le mode de fermeture est à peu près indifférent. Ils portent à l'entrée une barre d'appui pour manœuvrer le crochet.

Enveloppes extérieures des chaudières.

Coutures longitudinales. — Les coutures longitudinales sont presque toujours à franc bord avec couvre-joint double, à trois rangs de rivets sur chaque lèvre, comme le montre la figure 3.

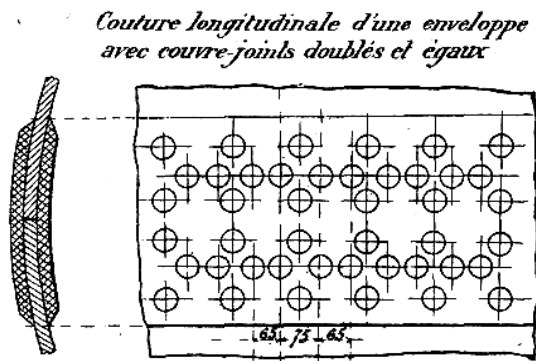


Fig. 3.

La figure 4 représente une couture longitudinale avec couvre-joints inégaux et deux rangs de rivets seulement.

*Couture longitudinale avec
couvre-joints inégaux*

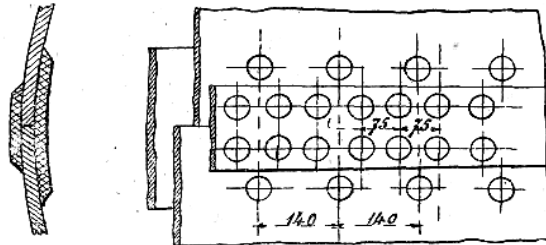


Fig. 4.

Coutures transversales. — Les coutures transversales, qui fatiguent moins, sont à recouvrement et à deux rangs de rivets.

On est arrivé à façonner des tôles très épaisses pour les enveloppes de chaudières. On atteint des épaisseurs de tôles de 36 à 38^{mm} d'épaisseur, correspondant à la pression maximum à laquelle on peut faire fonctionner les machines munies de chaudières tubulaires.

Foyer Fox. — Foyer Purves.

Aujourd'hui on emploie des foyers en tôle ondulée, auxquels leur forme assure une grande résistance à la flexion.

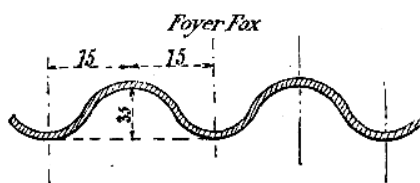


Fig. 5.

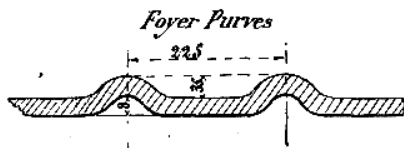


Fig. 6.

Les foyers Fox (fig. 5) donnent de très bons résultats ; il peuvent surtout se dilater sans fatiguer les coutures avec les plaques à tubes, et en cas d'affaissement, par leur disposition même, ils peuvent venir toucher le plan de grilles sans déchirure et sans grande fatigue à l'attache avec les cloisons planes de la chaudière.

Un autre genre de foyer est également employé, mais il est moins répandu que le précédent : c'est le foyer Purves, qui offre la

disposition de la figure 6.

Jonction du foyer avec les cloisons de la chaudière.

En général, la tôle du foyer, rabattue à la partie supérieure B (fig. 7), est appliquée sur la face postérieure de la plaque de tête. On préfère cette disposition, surtout parce que la flamme du foyer ne rencontre pas le can de la tôle de la plaque à tubes, qui serait ainsi exposé à brûler.

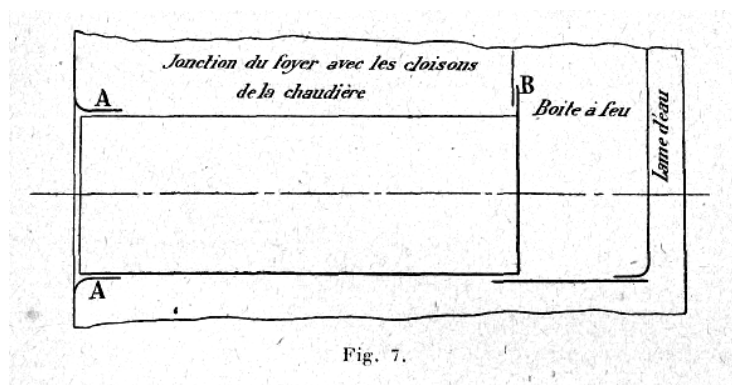


Fig. 7.

Le l'accordement du foyer avec la façade se fait quelquefois comme l'indique la figure 7. La pince A est rabattue aux dépens de la façade. La tenue de la couture est très bonne lorsque la chaudière est sous pression, car cette dernière soutient et appuie le matage intérieur.

Deuxième mode de jonction du foyer.

Dans ce genre d'emmanchement du foyer avec la plaque de tête (fig. 8), la pince B est appliquée en dedans de la chaudière contre la plaque à tubes; la pression intérieure tend, dans ce cas, à forcer l'étanchéité du matage.

Pour le raccordement du foyer avec la façade, on emploie souvent la disposition de la figure 8.

La pince de la façade A est alors rabattue vers l'extérieur, ce qui rend l'emmanchement du foyer plus facile, ainsi que le rivetage, surtout le rivetage hydraulique ; mais ce dispositif a une tenue moins bonne que la précédente : la pression intérieure tend à ouvrir la rivure.

En général, tous, les matages faits intérieurement aux chaudières sont supérieurs à ceux extérieurs.

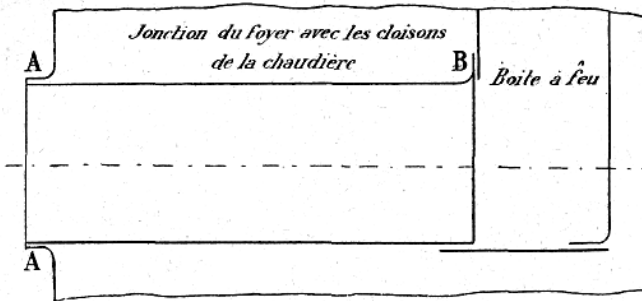


Fig. 8.

En cours de service, nous conseillons aux mécaniciens d'employer un procédé qui se répand de plus en plus et qui consiste à mater les 'coutures et pinces, les chaudières pleines et tenues jusqu'à 1^k9 de pression intérieure. De cette façon on peut être assuré d'obtenir une étanchéité parfaite, au lieu qu'après un matage de la chaudière à vide, il arrive fréquemment qu'une nouvelle fuite se déclare à côté, à la remise en pression.

Construction des boîtes à feu. Armatures.

La boîte à feu comporte six faces.

La plaque de tête B (fig. 9) est assujettie par les tubes. Le ciel de boîte à feu G a un mode de tenue particulier.

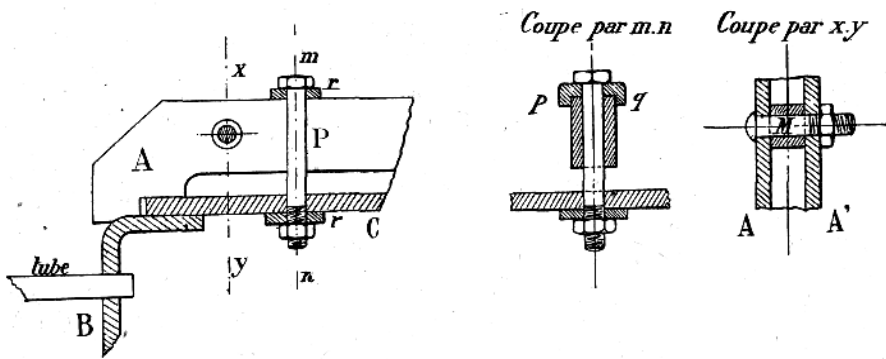


Fig. 9.

Les quatre autres faces sont des parois de lames d'eau rivées l'une à l'autre et tenues d'écartement par des entretoises.

Le mode le plus répandu pour armaturer les ciels de foyers consiste à assujettir la tôle G au moyen de fermes ou étriers A écartés de la tôle, afin que cette dernière soit toujours en contact avec l'eau de la chaudière. Ces fermes, au nombre de deux, trois ou quatre, sont fixées à la tôle du ciel de foyer par des boulons distancés dans le genre P, dont l'étanchéité est obtenue au moyen de rondelles r, r . Toutes ces fermes sont reliées entre elles et tenues d'écartement au moyen de boulons entretoises M et des tablettes p, q .

Quelquefois les ciels de boîtes à feu sont consolidés au moyen de tirants verticaux partant de la tôle de boîte à feu et allant se relier à l'enveloppe de la chaudière. Ce genre de consolidation est très employé dans les locomotives et sur quelques chaudières doubles, type Amiraauté, mais très rarement dans les chaudières de la marine de commerce.

Jonction d'un foyer avec la plaque à tubes.

La jonction du foyer avec la plaque à tubes AR s'opère à l'aide d'une pince relevée aux dépens du foyer et de façon que cette pince soit située dans la boîte à feu (fig. 10). De cette manière

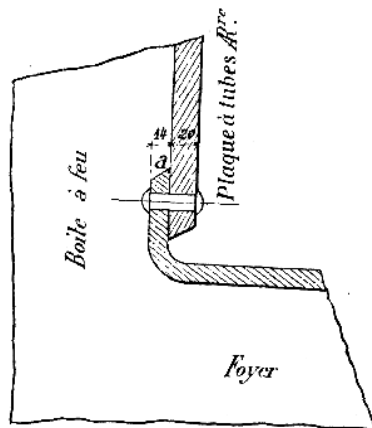


Fig. 10.

le can de la tôle est moins exposé à l'action directe de la flamme, le matage est plus facile en a.

Jonction de deux viroles d'un foyer.

On fait encore des foyers en deux parties (fig. 11). L'assemblage des deux viroles qui forment ce foyer s'opère par

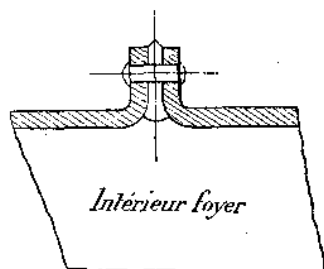


Fig. 11.

deux pinces rivées à travers un anneau en tôle douce, tourné et ajusté sur ses deux faces et maté par l'intérieur et l'extérieur.

Qualité des tôles de chaudières.

On emploie dans la construction des chaudières des tôles en acier et en fer. On peut les diviser :

- 1° Tôles fines ;
- 2° Tôles supérieures ;
- 3° Tôles communes.

Pour les parties les plus en contact avec la flamme, on emploie la tôle fine.

Nature et échantillons des matériaux employés dans la construction des chaudières.

Plaques à tubes	Pression.	6 kg 200	8 kg 500
	avant.	20 m/m	21 m/m
	arrière	20	21
Tôle fine.	flancs des foyers.	14	14
	ciels de foyers	14	14
Foyers et boîtes à feu	arrières de boîtes à feu.	16	16
	côtés	16	16
	ciels de boîtes à feu. . .	16	16

De l'épaisseur des tôles et du diamètre des rivets.

Les rivets des chaudières sont en fer ou en acier et fabriqués au moyen de machines. La tige a généralement 1^{mm} de moins au bout qu'auprès de la tête.

Pratiquement, dans les réparations à bord, on peut employer les dimensions suivantes :

Pour les tôles de petites dimensions et jusqu'à 7^{mm} environ, le diamètre du rivet est double de l'épaisseur de la tôle.

De 7^{mm} à 14^{mm}, le diamètre du rivet est égal à 1,5 de l'épaisseur de la tôle.

Ensuite le diamètre du rivet tombe à 1,2 de l'épaisseur, jusqu'aux tôles de 24^{mm} environ.

Enfin, avec les tôles très épaisses, le diamètre du rivet devient égal et même plus faible que l'épaisseur de la tôle.

Mode d'assemblage des tôles entre elles.

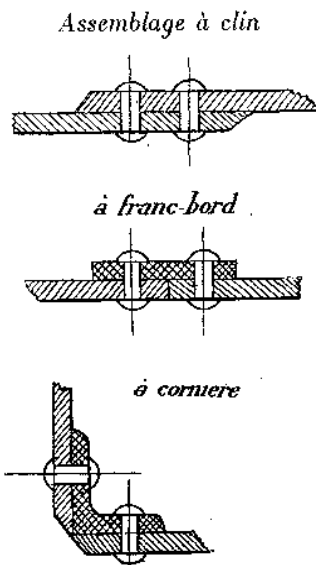


Fig. 12.

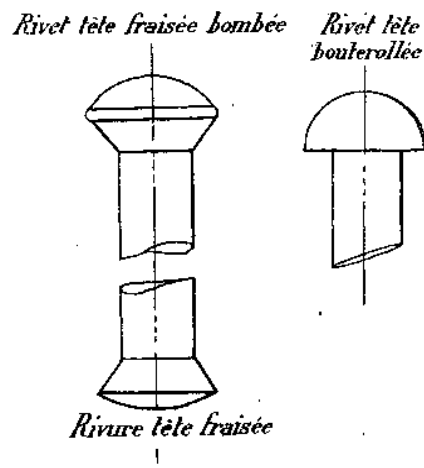


Fig. 13.

Les trous des rivets affaiblissent la pièce. Les diamètres des rivets, leur espacement et leur distance au bord des joints doivent être calculés de façon que la résistance de la tôle restante soit la même que celle des rivets.

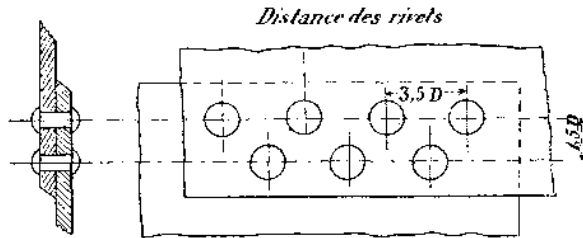


Fig. 11.

En tenant compte que le fer des rivets est toujours plus résistant que celui de la tôle, on peut adopter les espacements suivants :

	Rivure simple à un rang : $e = 2,5D$.	
Distance maxima de centre en centre.	Rivure à 2 ou 3	Distance sur une même ligne : $e = 3,5D$.
D = diamètre du rivet.		
		Distance au bord de la tôle : $e'' = 1,5D + 5m/m$.

Il est évident que l'assemblage de deux tôles rivées est moins résistant que la tôle pleine ; en prenant pour unité la résistance de celle-ci, on peut admettre les proportions suivantes d'après le mode d'assemblage :

Joints à recouvrements avec un rang de rivets.	0,60
— — — avec deux ou trois rangs de rivets.	0,72 à 0,75
— bout à bout avec couvre-joint d'un seul côté à deux rangs de rivets.	0,65
— — — avec couvre-joint de chaque côté. . .	0,80

Rivure.

Bien accoster les tôles, percer les trous de dimension voulue, les aléser sur place, fraiser, enlever les bavures.

Chauffer fortement le rivet, et, en le prenant, frapper sa tête sur un tas, de façon à faire tomber les écailles d'oxydes.

On tient du côté de la tête fortement avec un tas, et on fait la rivure de l'autre côté. De temps en temps, donner quelques coups autour du rivet pour accoster la tôle.

Quand le rivet se refroidit, ses deux têtes serrent les tôles par le raccourcissement de la tige au retrait. On achève ensuite de former la rivure à l'aide d'un outil en acier nommé bouterolle.

On rive au marteau et à la machine.

Grilles.

Les barreaux de grilles servent à supporter la couche de combustible. Il existe entre chacun d'eux un intervalle de 14^{mm} environ, qui permet à l'air de circuler et d'activer la combustion. Les barreaux sont placés l'un à côté de l'autre et bout à bout sans se toucher, afin que par la dilatation ils ne viennent pas se serrer et se tordre. Un talon plus large maintient l'écartement (fig. 15).

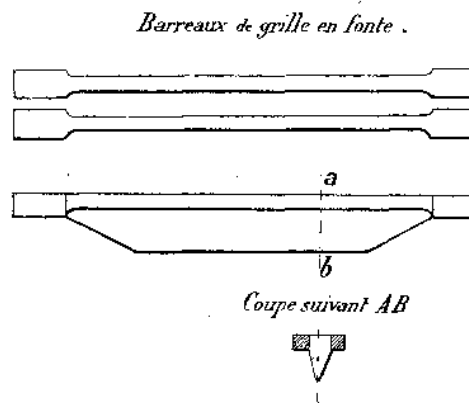


Fig. 15.

Les barreaux sont en fer forgé ou en fonte. Le plus souvent avec le tirage forcé, on emploie des grilles en fer de 10^{mm} de plein et 8^{mm} de vide, l'écartement est maintenu par un rivet. Ces barreaux ont la facilité de pouvoir se redresser (fig."16).

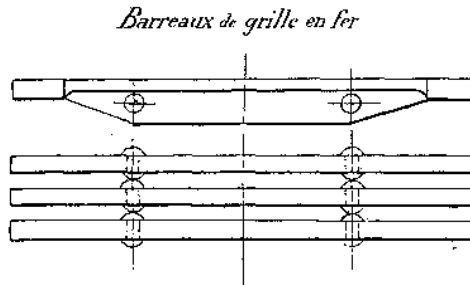


Fig. 16.

La sole placée à l'entrée du fourneau sert à soutenir la première rangée de grilles (fig. 17). Elle est supportée par deux galoches TT, placées de chaque côté du foyer. Elle sert aussi à préserver le chauffeur d'une trop grande chaleur quand il charge le fourneau ; elle est d'un seul jet de fonte.

Les supports de grilles ou sommiers sont supportés dans les cendriers par des galoches. Ils se composent de deux bandes de fer plat assemblées par des rivets passant dans des douilles ; celles-ci laissent entre les bandes un espace libre permettant à l'air de pénétrer dans le fourneau.

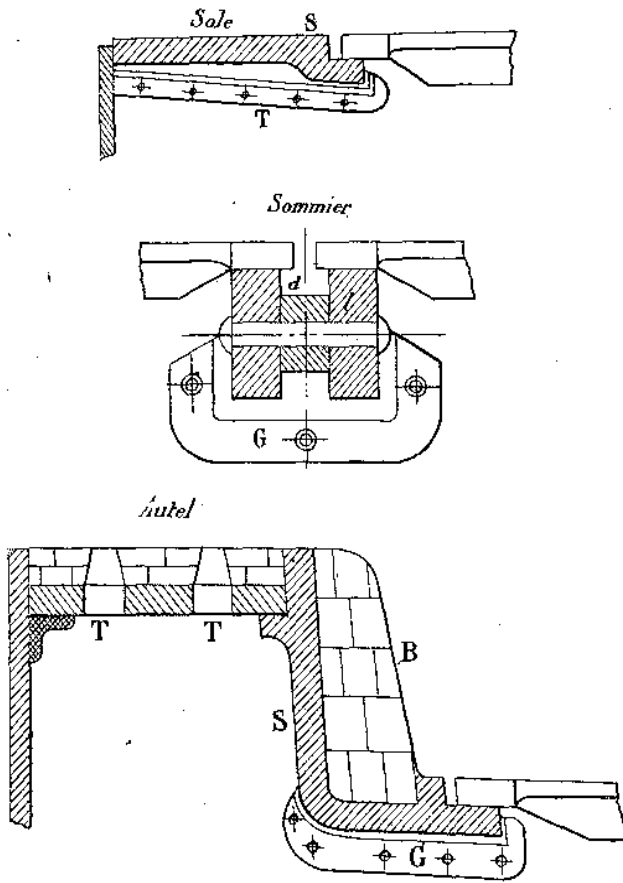
d, douilles; *G* galoches; *II*, lames de fer sur lesquelles viennent reposer les barreaux de grilles, lesquels barreaux laissent entre leurs bouts un espace de 15 ^{mm} environ.

L'autel est en fonte d'une seule coulée ; il sert à supporter la dernière rangée de grilles et à préserver de la flamme la tôle arrière de la boîte à feu.

L'autel est percé d'une dizaine de trous, appelés trous Williams, pour permettre à l'air de passer et d'achever la combustion qui n'est pas terminée dans le fourneau.

G galoches servant à supporter l'autel et rivées contre les côtés de la boîte à feu.

On recouvre l'autel d'une couche de briques *B*.



Fi 17.

Entretoises.

On appelle entretoises, des tiges de fer ou d'acier qui empêchent les tôles de s'éloigner ou de se rapprocher (fig. 18).

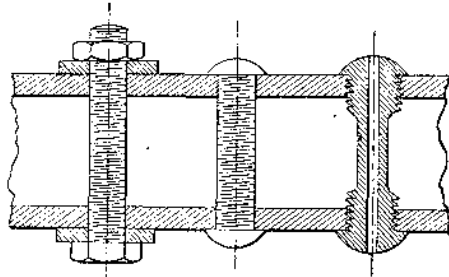


Fig. 18.

Les entretoises sont filetées sur toute leur longueur; les trous dans lesquels elles pénètrent sont taraudés au moyen de longs tarauds; les filets sont fins; elles débordent de chaque côté pour les river ou pour y mettre un écrou avec rondelle : ce dernier procédé est aujourd'hui le plus employé.

Dans les chaudières où il y a beaucoup de dilatation (*chaudières de torpilleurs*), on emploie des entretoises creuses ; la partie taraudée est plus large que le corps de l'entretoise ; elles sont très flexibles, et quand elles fuient, c'est un indice d'usure générale.

Le diamètre des entretoises dépend de l'épaisseur des tôles.

Tubes.

Les tubes de chaudières sont en laiton, en fer ou en acier.

Les tubes en laiton ont été abandonnés à cause de leur prix de revient très élevé, et aussi parce qu'ils perdent de leur résistance aux hautes températures correspondant aux hautes pressions. Ils ont l'avantage de durer très longtemps et craignent peu les corrosions occasionnées lors du repos des chaudières.

Avec les hautes pressions et surtout avec le tirage forcé,

l'étanchéité des tubes dans les plaques de tête est obtenue avec difficulté. On y parvient cependant par un mandrinage sérieux obtenu au moyen de l'appareil appelé dudgeon. (*Cet appareil est plus énergique que le mandrin conique qui porte sur tout le pourtour du tube; le dudgeon ne porte que sur trois génératrices à la fois et force donc davantage.*)

Les tubes en fer sont très employés. Leur mise en place demande beaucoup de soin. Il faut recuire les bouts du tube et les emboutir de façon qu'ils remplissent exactement les trous des plaques. On mandrine ensuite et très lentement, afin d'écraser

*Plaque de tête montrant
la disposition des tubes*

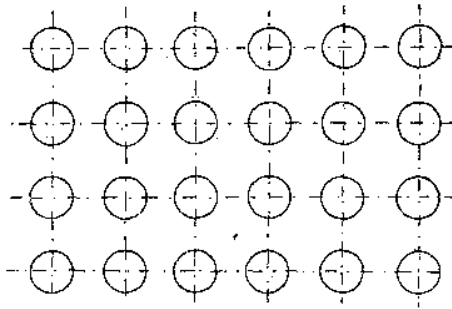


Fig. 19.

ser le métal très régulièrement. Les tubes en fer durent plus longtemps que ceux en acier. Par suite de plusieurs mandrinages, il arrive que les tubes faiblissent dans les plaques de tête ; il est pratique de les baguer pour leur donner de la solidité et finir de les user.

Les tubes en acier sont également très employés ; ils sont moins épais que ceux en fer, et par conséquent meilleurs conducteurs de la chaleur.

La mise en place est facile : l'acier étant plus malléable que le fer, le mandrinage dans les plaques n'offre aucune difficulté. Au moyen du dudgeon, le métal s'écrase très bien, et l'étanchéité du tube avec la plaque est parfaite.

Ces tubes en acier ont l'inconvénient de s'oxyder très vite, surtout au repos, lorsque les chaudières sont vides.

Il faut, avec les hautes pressions, apporter une grande surveillance pendant la chauffe. Ne jamais laisser trop tomber les feux et éviter les refroidissements, qui produisent des contractions en occasionnant des fuites qui agglutinent la suie le long des plaques et à l'entrée des tubes : ces derniers finissent ainsi par se boucher.

Actuellement on adopte pour les tubes la disposition rectangulaire (fig. 19), c'est-à-dire que les tubes sont placés en lignes verticales. On a reconnu que cette disposition favorise la circulation de l'eau.

Tubes tirants. — Les tubes tirants sont destinés à assurer, d'une façon invariable, la position des plaques à tubes.

On met généralement un tube tirant pour trois ou quatre tubes ordinaires, selon le timbre de la chaudière.

Les tubes tirants ont le double d'épaisseur des autres ; ils sont filetés dans les plaques ; les joints aux extrémités sont faits à la toile métallique et au minium, le tout serré par des rondelles et écrous.

Dans quelques nouvelles chaudières, les écrous sont supprimés. Le tube tirant est fileté, mandriné et rivé.

Afin d'augmenter la surface de contact du métal et des gaz chauds, on a employé les tubes à ailettes, dits tubes Serve (fig. 20).

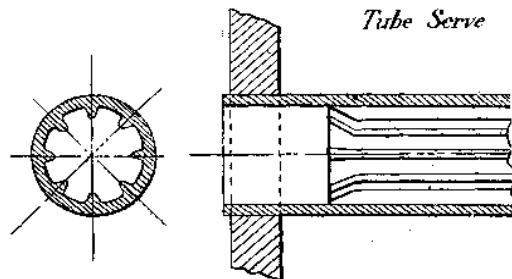


Fig. 20.

Ces tubes ont une surface d'absorption de la chaleur bien supérieure à celle des tubes ordinaires. Ils ont le grave inconvénient d'être très difficiles à ramoner : c'est ce qui les a fait en partie abandonner dans la marine de commerce. Les ailettes fixes sont aujourd'hui remplacées par des ailettes hélicoïdales mobiles, que l'on retire pour le ramonage. Ces ailettes sont en tôle et dénommées *retardairs*.

Circulation de l'eau dans les chaudières.

L'eau est un mauvais conducteur de la chaleur, les molécules liquides s'échauffent difficilement par conductibilité de l'une à l'autre; la chaleur du foyer doit donc être transmise par contact à l'eau intérieure. C'est pourquoi les constructeurs se sont surtout appliqués à donner à leurs chaudières une disposition facilitant la circulation de l'eau, afin que celle-ci soit constamment remplacée sur les parois léchées par les flammes.

Tirants.

Les tirants sont des barres de fer cylindriques qui servent à consolider les chaudières. Le diamètre du tirant dépend du timbre de la chaudière et des surfaces à soutenir.

Les tirants sont maintenus contre les parois de la chaudière au moyen de patins en cornières rivés sur la tôle. La tête du tirant est aplatie et percée pour y passer un boulon (fig. 21).

On laisse un peu de jeu aux tirants afin de prévenir les effets inégaux de la dilatation. Dans les chaudières à haute pression, le boulon est remplacé par trois rivets.

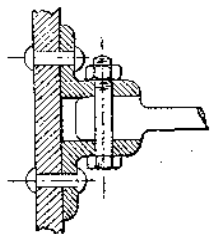


Fig. 21.

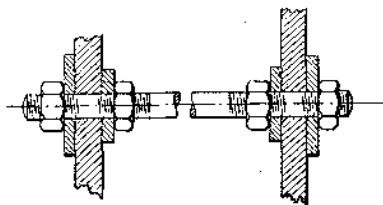


Fig. 22.

On emploie aujourd'hui de préférence le genre de tirant (fig. 22) qui traverse la tôle en la maintenant à une distance invariable au moyen de rondelles et d'écrous intérieurs et extérieurs. La rondelle extérieure est plus grande.

Bouchons autoclaves. — Trous d'hommes.

Les ouvertures ménagées dans les diverses parties des chaudières, pour le nettoyage, les visites ou les réparations, sont fermées par des bouchons dits autoclaves. Les plus grands d'entre eux, capables de laisser passer un homme, sont dits portes de trous d'hommes. Le bouchon est dit autoclave, parce qu'il est appliqué sur le joint par la pression même de la vapeur.

Avec les hautes pressions, on ménage beaucoup le nombre des

ouvertures, et chaque chaudière en possède généralement deux.

Les trous d'hommes sont renforcés sur leur pourtour intérieur par une collerette *mn* en tôle (fig. 23) ou mieux une cornière, qui compense l'effet de la découpe.

Chaque porte est elliptique et se serre au moyen d'un ou deux boulons *A*, *B*, sur lesquels vient s'ajuster une griffe qui appuie extérieurement sur les bords du trou.

Le bouchon *M* porte une embase *i, i*, qui s'encastre exactement dans la chaudière et empêche le bouchon de glisser; le joint est fait en *a, a* avec des tresses en packing amianté. Les chaudières à moyenne pression portent des ouvertures à

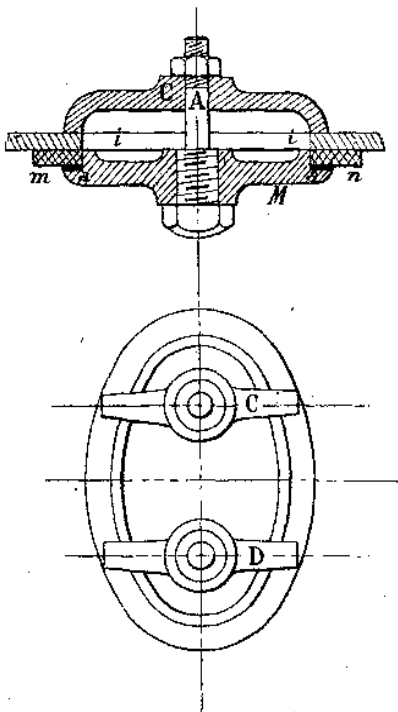


Fig. 23.

la partie inférieure, appelées trou de sel, qui ont pour but de permettre l'enlèvement du sel. Ces portes ont une forme triangulaire, et la fermeture est obtenue au moyen d'un goujon et d'une griffe à trois branches. Quelquefois la tôle porte une pince relevée à ses dépens (fig. 24), sur laquelle vient appuyer le bouchon : cette pince doit être bien dressée.

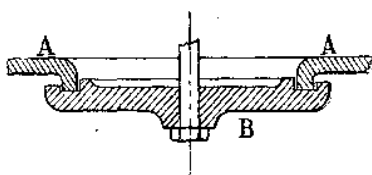


Fig. 24

Considérations générales et pratiques sur les chaudières cylindriques.

Évaluation de la puissance. — Consommation de charbon.

— Rapport entre la surface de chauffe et la surface de grilles.

— On peut admettre que, pour les chaudières au tirage naturel, la surface de chauffe doit être égale à 35 fois environ la surface de grille. Dans cette surface, les tubes entrent pour les 4/5. Cette proportion convient pour les combustions de 80 à 120^{kg} par mètre carré de grille pour vaporiser environ 7 à 8^{kg} d'eau par kilogramme de charbon.

Au tirage forcé, pour brûler 200^{kg} de charbon par mètre carré de grille, il faut donner à la surface de chauffe une valeur de 45 fois environ la surface de la grille.

En somme, l'étendue de la surface de chauffe est impropre à définir ce qu'une chaudière peut vaporiser d'eau, aussi bien que la surface de grilles à définir ce qu'elle peut brûler de charbon.

Comme la quantité d'eau vaporisée par kilogramme de charbon est à peu près constante, la surface de grilles est infiniment plus propre que la surface de chauffe pour exprimer la puissance des chaudières, la nature du tirage étant d'ailleurs indiquée. Pratiquement, avec le tirage naturel, on peut évaluer la puissance d'une chaudière de 90 à 100 chevaux par mètre carré de grille et 5 chevaux environ par mètre carré de surface de chauffe avec une consommation de 0^{kg}, 700

environ par cheval-heure. Autrement dit, on compte pour une machine compound de 28 à 33^{dm²} de surface de chauffe par cheval, et pour une triple expansion, de 20 à 28^{dm²} de surface de chauffe par cheval.

Surface de grilles, surface de chauffe.

Pour la mesure de la surface de grilles, il ne se rencontre pas de difficultés. Pour la mesure de la surface de chauffe, on exclut certaines parties.

On peut considérer dans les chaudières la surface de chauffe mouillée et la surface de chauffe non mouillée. La première est celle des tubes en contact avec l'eau, et dans ce cas on calcule sur le diamètre extérieur du tube; la seconde est celle en contact avec la flamme; dans ce cas, le calcul se fait sur le diamètre intérieur.

La plupart des bureaux de dessin choisissent, pour le calcul de la surface de chauffe, le diamètre extérieur des tubes, à moins de spécifications contraires. *Pratiquement, on devrait prendre le diamètre moyen des tubes.* A cette surface il faut ajouter celle de toute la partie non découpée des deux plaques à tubes, toute la surface de la boîte à feu et toute la partie supérieure d'un plan diamétral mené par l'axe du foyer jusqu'au fond de la boîte à feu.

Transformation de l'énergie par le fonctionnement de l'appareil moteur.

1° Une certaine, quantité de charbon fournie aux chaudières est transformée sous forme de vapeur. Cette première transformation ne donne que 0,63 environ;

2° Transformation du travail calorifique de cette vapeur sur les pistons pour la transmission de ce travail à l'hélice, laquelle ne reçoit que les 0,18 environ;

3° Transmission du travail reçu par l'hélice à la poussée du navire, qui n'est que de 0,70 environ.

Rendement définitif : $0,65 \times 0,18 \times 0,70$, soit 0,08 environ.

Donc, dans les machines à vapeur, la fraction de l'énergie développée dans le foyer et réellement utilisée par le propulseur est inférieure à 0,1.